

SINTESIS DAN KARAKTERISTIK MEMBRAN NILON YANG BERASAL DARI LIMBAH BENANG

E. R. Apipah, Irmansyah, J.Juansah

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Pertanian Bogor

Email: epa.rosidah@yahoo.com

ABSTRACT

Recently, the technology of membrane is developed directly. Many attractive things of membrane is able to be studied, therefore many ideas emerged on the aspect of synthetic membrane fabrication from many materials, furthermore it is able to used substituting for the function of natural membrane. The purpose of this study are able to know and study the influence of the TiO_2 additional on the compounds of the nylon thread in market and on the characteristic of electricity and mechanics. The membrane was fabricated by a phase inversion method on weight variation. The characterizations were done which were the characteristic of electricity (impedance, capacitance, conductance and loss coefficient), the characteristic of mechanics (compression and attraction) and the analysis of on the compounds of the nylon membrane using FTIR. The most optimum characteristic of mechanics are the membrane with nylon weight of 3.5 g and 6.0 g, furthermore from the mechanics characteric was treated the TiO_2 dopping. the compounds of the nylon membrane was observed by using FTIR which showed that exist PO_4 in the natural membrane and the TiO_2 dopped membrane

Keywords: membrane, nylon, TiO_2 , electricity.

ABSTRAK

Teknologi membran saat ini terus mengalami kemajuan. Banyak hal menarik yang dapat dipelajari dari membran ini, sehingga banyak ide-ide bermunculan dalam segi pembuatan membran sintesis dari berbagai bahan, yang selanjutnya dapat digunakan atau dapat menggantikan fungsi membran alami. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan mempelajari sifat listrik maupun mekanik membran nilon. Pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fase dengan berbagai variasi bobot. Karakterisasi yang dilakukan meliputi: sifat listrik (impedansi, kapasitansi, konduktansi dan loss coefficient), sifat mekanik (kuat tekan dan kuat tarik) dan analisis senyawa membran nilon dengan FTIR. Membran yang memiliki sifat mekanik yang paling berbeda diperoleh pada membran dengan bobot nilon 3,5 g dan 6,0 g. Senyawa yang terkandung pada membran nilon yang diamati menggunakan FTIR memperlihatkan terdapat PO_4

Kata kunci: membrane, nylon, mechanics, electricity.

PENDAHULUAN

Studi dan pengamatan terhadap membran sejauh ini terus mengalami kemajuan. Banyak hal menarik yang dapat dipelajari dari membran ini, sehingga banyak ide-ide bermunculan dalam segi pembuatan membran sintesis dari berbagai bahan, yang selanjutnya dapat digunakan atau dapat menggantikan fungsi membran alami. Membran dapat bertindak sebagai *filter* yang sangat spesifik. Hanya molekul-molekul dengan ukuran tertentu saja yang dapat melewati membran, sedangkan sisanya tertahan di permukaan membran.¹

Membran dapat berfungsi sebagai penghalang tipis yang sangat selektif di antara dua fase dan hanya dapat melewatkan komponen tertentu dan melewatkan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membran.² Fase-fase tersebut memiliki karakter yang berbeda, yaitu: konsentrasi, tekanan, suhu, komposisi larutan dan viskositas.

Nilon termasuk senyawa poliamida sintetis yang jika dilihat dari sifat fisik, kimia dan strukturnya sangat memungkinkan untuk dijadikan membran. Nilon dapat digolongkan menjadi nilon aromatik dan linear. Nilon aromatik adalah nilon yang memiliki gugus aromatik pada unit ulangnya, contoh: nilon-6,6. Sedangkan pada nilon linear, unit ulangnya tersusun dari rantai lurus, misalnya nilon-6.³ Banyak cara yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja membran nilon yang bisa meningkatkan kekuatan fisik membran sehingga membran tidak mudah terurai.⁴

Karakteristik membran buatan meliputi sifat termal, listrik, mekanik dan sebagainya. Tinjauan sifat membran disesuaikan dengan keperluan aplikasi dan bidang sains. Dalam penelitian ini difokuskan pada uji sifat kelistrikan dan uji sifat mekanik dari membran nilon hasil teknik inversi fase rendam-endap. Beberapa sifat kelistrikan yang diuji yaitu impedansi, kapasitansi, konduktansi dan *loos coefficient*, sedangkan sifat mekanik yang diuji yaitu uji kuat tarik dan kuat tekan.

EKSPERIMENTAL

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah benang nilon. Alat utama yang digunakan untuk mengukur listrik adalah LCR Hitester 2532-50. Penelitian ini meliputi dua tahapan yaitu tahap pembuatan membran nilon dan tahap karakterisasi sifat kelistrikan serta sifat mekanik membran. Teknik yang digunakan dalam pembuatan membran nilon ini yaitu teknik inversi fase rendam-endap.

a. Pembuatan membran nilon

Langkah pertama pembuatan membran ini yaitu menimbang bobot nilon, dengan variasi 3,5 g; 4,0 g; 5,0 g; 5,5 g dan 6,0 g; kemudian dimasukkan ke dalam lima gelas ukur yang berbeda. Masing-masing disintesis dengan mencampurkan larutan HCl 25% sebanyak 20 ml, dan

aseton 2 ml. Selanjutnya dilakukan pengadukan dengan *stirrer* pada benang nilon agar homogen. Pengadukan dilakukan selama 1 jam.

Larutan dicetak pada plat kaca, sebelumnya pada empat sisi kaca telah dilapisi dengan isolasi sebanyak 2 kali agar larutan membran yang akan dituangkan ke permukaan kaca tidak bocor dan memiliki tebal tertentu. Kemudian campuran HCl, aseton, dan benang nilon ini dicetak pada plat kaca dan diratakan dengan batang silinder spatula agar menjadi lapisan tipis, proses ini disebut *casting solution*. Membran yang sudah dicetak langsung dimasukkan ke dalam nampan lebar yang berisi aquades secara perlahan tanpa ada getaran air yang terjadi dan direndam selama 10 menit. Hal ini dilakukan untuk melepas membran. Membran yang dihasilkan ada 5 sampel, secara berurut kelima membran tersebut dinamakan S1 untuk bobot nilon 3,5 g; S2 untuk bobot nilon 4,0 g; S3 untuk bobot nilon 5,0 g; S4 untuk bobot nilon 5,5 g dan S5 untuk bobot nilon 6,0 g; kemudian membran diangkat dan ditiriskan selama 24 jam sehingga membran mengering dan dapat digunakan untuk dikarakterisasi sifat listrik dan mekaniknya.

b. Karakterisasi sifat kelistrikan membran nilon

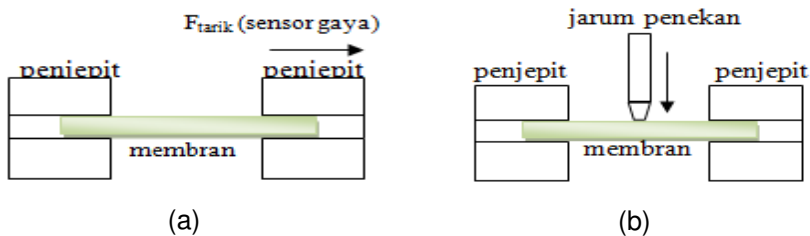
Sifat kelistrikan yang diuji yaitu konduktansi, kapasitansi, impedansi dan *loss coefficient*. Untuk mengukur konduktansi, kapasitansi, dan impedansi digunakan alat LCR Hitester 3522-50 dan plat kapasitor. Membran diletakkan diantara dua plat kapasitor kemudian kedua kabelnya dijepitkan ke penjepit pada LCR. Selanjutnya pada tombol-tombol yang tertera di LCR, pilih G untuk konduktansi, Cs untuk kapasitansi, Z untuk impedansi, dan untuk sudut fase. nilai fase (θ) untuk menentukan impedansi *real* dan impedansi imajiner. Setelah itu tunggu sampai data ketiga agar menunjukkan nilai tertentu yang lebih stabil dan catat data tersebut. Skema sistem pengukuran sifat listrik dengan LCR meter dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema sistem pengukuran sifat listrik dengan LCR meter

c. Karakteristik sifat mekanik membran nilon

Sifat mekanik yang di uji yaitu kuat tekan dan kuat tarik. Untuk mengukur kuat tekan dan kuat tarik digunakan alat *force sensor; interface*. Pengukuran kuat tekan dilakukan seperti skema kuat tekan pada Gambar 2, membran dijepit pada tengah- tengah membrane. Diameter penekan yang digunakan yaitu 11 mm. Kuat tekan yang dimaksud adalah tekanan sampai membran patah. Sedangkan kuat tarik dilakukan seperti pada Gambar 2, kedua ujung membran terhubung dengan sensor gaya yang langsung terhubung dengan computer. Ujung lainnya ditarik sampai membran putus, kemudian diukur gaya maksimumnya. Luasan membran saat dilakukan uji tarik adalah 1,8 mm².



Gambar 2 Skema kuat tarik (a) dan kuat tekan (b)

d. Uji FTIR

Membran nilon yang sudah terbentuk dan dikeringkan dipotong sesuai dengan ukuran untuk dikarakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Membran Nilon Hasil Pembuatan Metode Inversi Fase

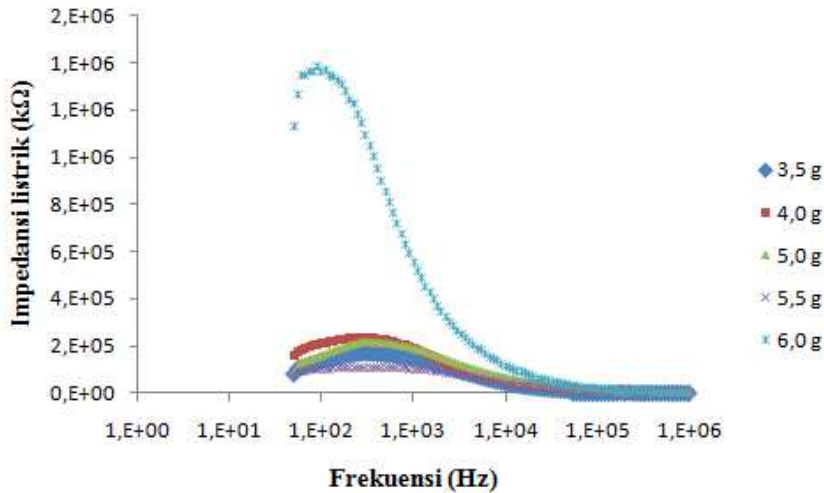
Nilon merupakan polimer yang banyak dipakai sebagai membran ultrafiltrasi, yang cenderung bersifat kuat dan tahan gesekan; elastisitasnya besar; kalau diregang sampai 8%, benang akan kembali pada panjang semula, tetapi kalau terlalu regang, bentuk akan berubah; kenyal; tidak mengisap air sehingga mudah kering; pada umumnya tidak tahan panas; larut dalam fenol, tetapi jika menggunakan fenol cair akan mengerut; tahan terhadap alkali dan tidak tahan terhadap klor; tahan air garam; tahan ngengat/cendawan; jika dibakar terlihat meleleh, tidak menyala dan membentuk tepi berwarna coklat.⁴

Dalam penelitian ini, melakukan sintesis nilon yang telah dilarutkan dengan HCl 25% (25 ml) dan aseton (2 ml) pada berbagai variasi bobot nilon. Sifat listrik yang telah diuji dalam penelitian ini yaitu mengkarakterisasi kapasitansi, *loss coefficient*, impedansi, konduktansi dengan frekuensi 50 Hz sampai dengan 1 MHz, sifat mekanik yang dilakukan yaitu uji kuat tarik dan kuat tekan, dan karakterisasi FTIR.

a. Karakterisasi sifat listrik membran nilon

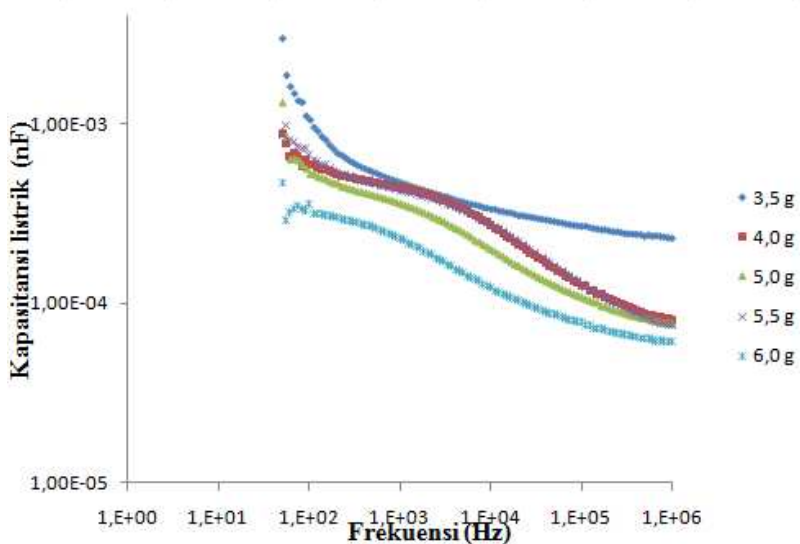
Impedansi merupakan hambatan total pada rangkaian listrik ketika diberikan arus bolak-balik. Pengaruh perlakuan variasi bobot nilon terhadap impedansi ditunjukkan pada Gambar 3. Dari data eksperimen didapatkan grafik hubungan impedansi fungsi frekuensi pada berbagai bobot nilon mengalami penurunan yang signifikan. Nilai impedansi ini dipengaruhi oleh frekuensi. Saat frekuensinya sangat rendah, nilai impedansi membran akan besar, begitu pula sebaliknya saat frekuensinya tinggi, nilai impedansinya kecil. Berdasarkan Gambar 8, semakin tinggi bobot nilon maka nilai impedansi cenderung semakin meningkat. Nilai impedansi yang paling rendah terjadi pada bobot nilon 3,5 g dan nilai impedansi yang paling tinggi pada bobot nilon 6,0 g.

Nilon merupakan polimer yang tidak baik dalam menghantarkan listrik. Dengan bertambah banyaknya bobot nilon maka kecenderungannya membran nilon akan memiliki nilai impedansi yang besar atau kurang baik penghantar listriknya, hal ini sesuai dengan gambar hasil penelitian.



Gambar 3 Hubungan impedansi listrik dan frekuensi pada membran nilon

Berdasarkan prinsip kerja pada kapasitor yaitu suatu kapasitor terdiri dari dua keping konduktor sejajar yang terpisah. Ketika konduktor-konduktor dihubungkan pada ujung-ujung sumber tegangan, sumber tegangan akan memindahkan muatan positif menuju konduktor yang satu dan muatan negatif pada konduktor yang lain. Ketika suatu dielektrik diletakkan diantara keping-keping kapasitor, medan listrik dari kapasitor mempolarisasikan molekul-molekul dielektrik. Dengan adanya bahan dielektrik diantara plat kapasitor akan menimbulkan muatan-muatan pada permukaan yang cenderung memperlemah medan listrik. Pelemahan ini mengakibatkan pengurangan beda potensial antara plat-plat kapasitor yang berisi bahan dielektrik.¹⁰



Gambar 4 Hubungan kapasitansi listrik dan frekuensi pada membran nilon

Pada Gambar 4 menunjukkan nilai kapasitansi membran menurun dengan bertambahnya frekuensi. Hal ini sesuai dengan pemodelan dari Wagner yang menyatakan bahwa nilai kapasitansi menurun secara eksponensial pada range frekuensi yang diamati.

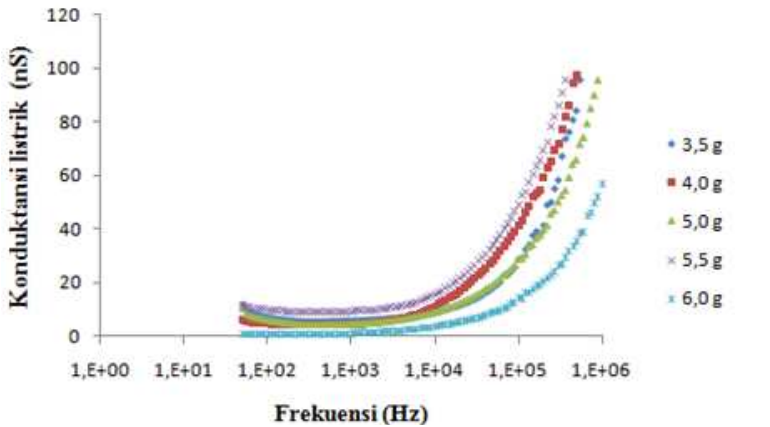
Peningkatan frekuensi mengakibatkan banyaknya gelombang yang ditransmisikan setiap detiknya meningkat. Plat kapasitor akan mengalami pengosongan muatan dengan cepat sebelum kapasitor terisi penuh arah arus listrik sudah terbalik, sehingga muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan semakin kecil. Pada Gambar 4, membran dengan bobot nilon 3,5 g memiliki nilai kapasitansi yang paling tinggi. Semakin besar bobot nilon yang digunakan semakin rendah nilai kapasitansinya. Ini berarti bahwa bobot nilon mengakibatkan konstanta dielektrik membran berkurang karena adanya penambahan jumlah polimer.

Frekuensi sangat berpengaruh terhadap konduktansi listrik membran. Pada saat frekuensinya rendah maka konduktansi membran akan memiliki nilai minimum dan saat frekuensinya besar maka konduktansinya juga semakin meningkat, hal ini didasarkan pada model rangkaian membran Maxwell-Wagner.

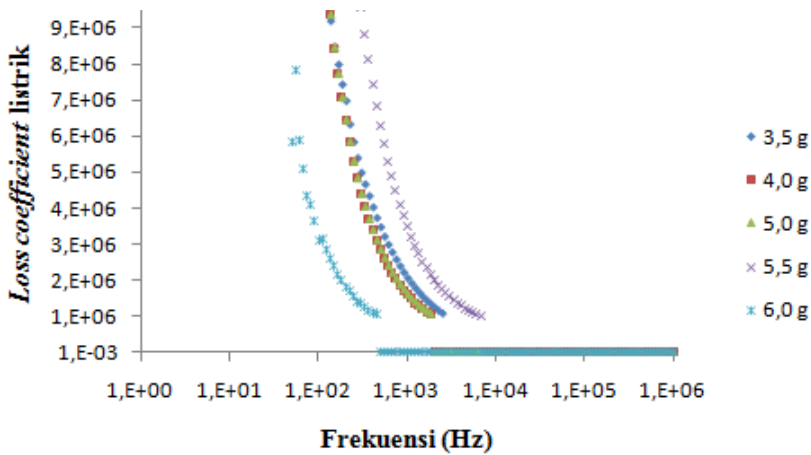
Pengaruh perlakuan bobot nilon terhadap konduktansi membran ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai konduktansi membran meningkat terhadap frekuensi. Semakin besar bobot nilon ternyata mengakibatkan nilai konduktansi membran menurun, dan sebaliknya semakin kecil bobot nilon maka nilai konduktansi membran yang dihasilkan semakin meningkat. Berdasarkan Gambar 5, hasil pengujian menunjukkan bahwa konduktansi meningkat paling besar terjadi pada bobot nilon 4,0 g yang artinya membran memiliki kemampuan menghantarkan listrik paling

besar. Tetapi pada membran dengan bobot nilon 3,5 g mengalami penurunan nilai konduktansinya.

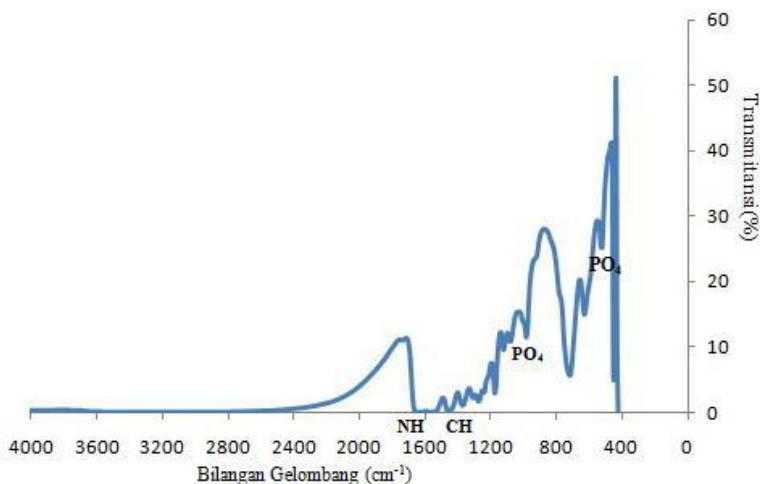
Pada frekuensi 50 Hz-20 kHz mengalami pengurangan *loss coefficient* yang tajam dan pada rentang di atas 20 kHz pengurangan yang terjadi stabil, artinya cenderung tidak ada perubahan. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 5 Hubungan konduktansi listrik dan frekuensi pada membran nilon



Gambar 6 Hubungan *loss coefficient* listrik dan frekuensi membran nilon



Gambar 7 Spektra FTIR pada membran nilon

Dari hasil eksperimen yang diamati faktor kehilangan energi terhadap peningkatan frekuensi, *loss coefficient* yang dihasilkan menurun. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan persamaan 3 dimana hubungan antara frekuensi terhadap *loss coefficient*. Terlihat pada Gambar 6 *loss coefficient* terbesar terjadi pada sampel bobot nilon 3,5 g dan sampel yang lainnya menyatakan semakin besar bobot nilon maka semakin besar juga *loss coefficient* yang terjadi.

Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan menjadi menurun, ini berdasarkan akibat dari meningkatnya frekuensi menjadikan semakin banyak energi yang ditransmisikan dan dikonversi menjadi panas.

Kuat tarik

Pengujian dengan metode uji tarik pada membran merupakan salah satu uji sifat mekanik. Semakin sulit suatu bahan (membran) ditarik maka semakin baik bahan tersebut digunakan dalam aplikasi teknologi membran. Tabel 1 memperlihatkan hasil uji mekanik kuat tarik. Kuat tarik membran mengalami peningkatan seiring dengan penambahan bobot nilonnya. Membran S5 dengan bobot nilon sebesar 6,0 g memiliki nilai kekuatan tarik yang paling besar dibandingkan dengan membran yang lainnya. Hal ini menandakan bahwa gaya yang diberikan untuk menarik membran pun semakin besar. Kenaikan nilai kuat tarik yang ditunjukkan menandakan terjadinya kenarikan gaya yang diberikan pada membran.

Dengan adanya penambahan bobot nilon maka kemungkinan besar jumlah ikatan atau polimerisasi yang terjadi semakin banyak. Sehingga akan menyebabkan kekuatan mekaniknya akan semakin besar. Lebih spesifik lagi akan semakin sulit atau kuat tarik yang besar.

Kuat tekan

Kekuatan suatu bahan merupakan tolak ukur kelayakan untuk dapat digunakan dalam aplikasi teknologi. Kekuatan suatu bahan dapat ditentukan oleh kerapatan partikel atau molekul penyusunnya. Tabel 2 memperlihatkan hasil uji mekanik kuat tekan. Jika dilihat pada Tabel 2 ternyata kekuatan tekan membran S1 memiliki nilai tekan yang lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya. Semakin besar bobot nilonnya maka semakin kecil kekuatan tekannya. Namun dari hasil yang didapat pada eksperimen ini, pada bobot 4,5 g mengalami kuat tekan yang paling rendah karena faktor kekuatan gaya yang diberikan pada saat menekan sensor gaya serta ketebalan membran nilon. Kuat tekan mengindikasikan kekerasan suatu benda. Tingkat kekerasan benda dipengaruhi oleh jenis ikatan yang terjadi serta struktur polimernya.

Tabel 1. Nilai Kuat tarik membran nilon

Variasi bobot nilon (g)	Gaya tarik maksimum (N)	Luas di bawah kurva (kg.m.s^{-1})	Kuat tarik (N.cm^{-2})
3,5	0,72	17,99	0,09
4,5	4,24	13,75	0,53
5,0	2,46	13,75	0,31
5,5	3,76	11,29	0,47
6,0	7,54	7,54	0,94

Tabel 2. Nilai Kuat tekan membran nilon

Variasi bobot nilon (g)	Gaya tekan maksimum (N)	Luas di bawah kurva (kg.m.s^{-1})	Kuat tekan (N.cm^{-2})
3,5	18,95	18,84	19,94
4,5	10,80	90,45	11,37
5,0	8,90	34,55	9,36
5,5	4,13	11,43	4,35
6.0	3,67	25,36	3,86

Karakterisasi FTIR membran nilon

Analisis komposisi benang nilon yang terdapat pada membran nilon diamati dari spektra FTIR (Gambar 7), untuk sampel membran nilon murni. Spektra FTIR menunjukkan bahwa pada sampel membran nilon murni terdapat PO_4 pada bilangan gelombang 516 cm^{-1} sampai 702 cm^{-1} dan terdapat juga pada bilangan gelombang 970 cm^{-1} sampai bilangan gelombang 1164 cm^{-1} . Sesuai dengan bahan yang digunakan diantaranya H_2O , CH_3COCH_3 , HCl dan nilon yang bersifat poliamida. Hal ini menunjukkan terdapat komposisi lain yang terkandung dari benang nilon yaitu fosfat yang berarti bahan pada benang nilon tidak murni poliamida. Selain itu juga terdapat gugus CH dari CH_3 pada bilangan gelombang 1442 cm^{-1} dan terdapat NH yang ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1604 cm^{-1} .

SIMPULAN

Karakterisasi sifat kelistrikan dan mekanik membran nilon dipengaruhi oleh konsentrasi bahan yang dipakai. Karakterisasi yang mempunyai nilai kuat tekan dan kuat tarik yang paling tinggi terdapat pada sampel dengan variasi bobot 3,5 g dan 6 g. Pada membran nilon menunjukkan bahwa banyak terdapat gugus PO_4 yang terkandung sehingga pada benang nilon tidak murni poliamida.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sinaga P. R. *Kajian karakterisasi listrik membran ultrafiltrasi berbahan polisulfon pada berbagai tingkat ketebalan*. Bogor. 2006. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
2. Notodarmojo S, Anne D. Penurunan zat organik dan kekeruhan menggunakan teknologi membran ultrafiltrasi dengan sistem aliran dead-end. *J Sains dan Teknologi* 2004.vol.36 no.1 hal 63-82. ITB-Bandung.
3. Suhendi, Akbar. *Pencirian membran mikrofiltrasi nilon-6*. Bogor. 2007. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
4. Kurniawan A. *Pengaruh fouling terhadap konduktansi listrik pada Proses filtrasi membran polisulfon*. Bogor. 2002 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
5. Aipratomo H. Pembuatan dan karakterisasi membran komposit polisulfon selulosa asetat untuk proses ultrafiltrasi. *J Pendidikan Matematika dan Sains* 2003; (3).
6. Prihasa N. *Magic box sebagai pereduksi polutan udara*. 2009. [terhubung berkala] <http://novanprihasa.wordpress.com> [25 November 2011].
7. Rohman, Saepul. *Membran polisulfon sintetik*. 2005. [terhubung berkala] <http://membran polisulfon sintetik> [10 Maret 2011].

8. Dahlan K, Sidikrubadi P, Jajang J. *Karakteriasi sifat-sifat dielektrik beras*. Bogor. 2001. FMIPA-IPB.
9. Tripler, Paul A. *Fisika untuk Sains dan Teknik jilid 2 edisi kelima*. Jakarta : 2001. Erlangga.
10. Pratiwi N. *Sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit scaffold..* Bogor, 2011. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.